

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování



Otáčení pracovní palety gravitačního dopravníku

Rotation of the Pallet for Gravity Conveyor

Student:

Lucie Dornáková

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Hapla

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Lucie Dornáková**

Studijní program: **B2341 Strojírenství**

Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**

Specializace: **21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení**

Téma: **Otáčení pracovní palety gravitačního dopravníku**
Rotation of the Pallet for Gravity Conveyor

Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

Vypracujte konstrukční návrh sekce gravitačního dopravníku včetně pracovní palety. Sekce bude umožňovat otáčení pracovní palety s výrobkem o 90 stupňů v horizontální rovině k pracovní operaci. Po vykonání pracovní operace se paleta otočí zpět a pokračuje v pohybu po dopravníku. Přepřavovaný materiál je v paletě pevně fixován. Pro návrh využijte přednostně jednoduchých mechanismů.

Výchozí parametry:

- maximální vnější rozměry pracovní palety 300 x 300 mm,
- paleta se pohybuje na kuličkových jednotkách,
- velikost dopravovaného materiálu 230 x 130 x 60 mm,
- hmotnost dopravovaného materiálu 1 000 g.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

POLÁK, J., PAVLIŠKA, J., SLÍVA, A. *Dopravní a manipulační zařízení I*. Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava, 2001, 104 s. ISBN 80-248-0043-8

POLÁK, J., BAILOTTI, K., PAVLIŠKA, J., HRABOVSKÝ, L. *Dopravní a manipulační zařízení II*. Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava, 2005, 108 s. ISBN 80-248-0493-X

KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře – části spojovací*. Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Hapla**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16. 5. 2016

Dornáková Lucie

.....

Podpis

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 16. 5. 2016

Dorňáková Lucie

Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Lucie Dorňáková

Adresa trvalého pobytu autora: Tísek 91, 742 94

Anotace

DORŇÁKOVÁ L. Otáčení pracovní palety gravitačního dopravníku: bakalářská práce Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2016, 49 s. Vedoucí práce: Hapla T.

Bakalářská práce se zabývá koncepcí gravitačního dopravníku a otočného zařízení. V úvodní části práce je popsán princip gravitačních dopravníků, jejich využití a existující otáčecí zařízení. Pro vlastní konstrukční návrh je charakteristické použití kruhového otočného stolu, na kterém je v průběhu pracovní operace umístěna paleta s výrobkem. Otáčení tohoto stolu do pracovní pozice je zajištěno gravitací, zpětný pohyb má na starost protizávaží. Pro správnou činnost zařízení jsou použity pojistné mechanismy, které fungují bez závislosti na externích energetických zdrojích. Ovládání pojistných mechanismů zajišťuje pohyb pracovní palety. Přílohou je výkresová dokumentace otočného zařízení.

Annotation

DORŇÁKOVÁ L. Rotating the work pallet conveyor gravitational: thesis Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Production Machines and Design, 2016, 49 p. Supervisor: T. Hapla

This thesis deals with the concept of gravity conveyor and rotary equipment. In the first part describes the principle of gravity conveyors, their use and existing revolving facility. For custom engineering design is characteristic of a circular turntable, which is in the course of a working operation is located palette with the product. The rotation of the table into the working position is ensured by gravity, retrogression in charge counterweight. For proper operation of the equipment used insurance mechanisms that operate without dependency on external energy sources. Insurance mechanisms controlling the movement of the working palette. Attached to the drawings a rotary device.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů.....	8
Úvod.....	10
1 Dopravní zařízení	11
1.1 Dopravní válečkové tratě	12
1.1.1 Válečkové tratě gravitační.....	13
1.1.2 Kuličkový stůl	16
2 Typy zařízení pro otáčení palety	17
3 Varianty konstrukčního řešení.....	19
4 Konečné konstrukční řešení otočného zařízení	24
4.1 Princip funkce otáčecího zařízení	24
4.2 Konstrukční řešení jednotlivých částí	26
4.2.1 Příjezdová a odjezdová dráha.....	26
4.2.2 Pracovní paleta	27
4.2.3 Otočný stůl	29
4.2.4 Nosné nohy s válečky.....	30
4.2.5 Otočná dráha.....	31
4.2.6 Horní zajišťovací mechanismu.....	33
4.2.7 Dolní zajišťovací mechanismus	33
4.2.8 Pohyblivá zábrana	34
4.2.9 Soustava protizávaží.....	35
4.2.10 Zarážecí tyč	37
5 Výpočtová část	39
5.1 Výpočet rychlosti vjezdu palety do boxu na otáčecí desce.....	39
5.2 Výpočet času za který urazí paleta po dráze do boxu:.....	42
5.3 Výpočet silového impulsu pracovní palety:	43
5.4 Kontrola napětí pryže při nárazu pracovní paletou:	43
5.5 Výpočet průměru pružiny horního zajišťovacího mechanismu:	43
6 Závěr.....	45
7 Poděkování	46
8 Seznam použitých zdrojů	47
9 Seznam příloh.....	49

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Název	Jednotka
D	průměr otáčky pružiny	[mm]
F_k	nárazová síla pracovní palety	[N]
F_t	valivý odpor jedné kuličkové jednotky	[N]
F_{t_c}	celkový valivý odpor	[N]
F_{PR}	síla působící na pružinu mechanismu	[N]
$F_{pš}$	hnaná síla na šikmé ploše	[N]
F_{pv}	hnaná síla na vodorovné ploše	[N]
G	tíhová síla	[N]
G_x	tíhová síla v ose x	[N]
G_y	tíhová síla v ose y	[N]
I	silový impuls pracovní palety	[N]
L_1	délka nakloněné dráhy	[m]
L_2	délka vodorovné dráhy	[m]
N_{lk}	normálová síla jedné kuličkové jednotky	[N]
N_a	normálová síla v bodě A	[N]
N_b	normálová síla v bodě B	[N]
N_c	celková síla působící na dráhu paletou	[N]
R	poloměr valivého tělesa	[m]
T_a	vazbová síla zprostředkovaná třením v bodě A	[N]
T_b	vazbová síla zprostředkovaná třením v bodě B	[N]
a	vzdálenost těžiště palety k jednotce	[m]
a_1	zrychlení na šikmé dráze	[kg . m . s ⁻²]
a_2	zrychlení na rovinné dráze	[kg . m . s ⁻²]
b	vzdálenost těžiště palety k jednotce	[m]
c	vzdálenost těžiště palety k jednotce	[m]
d	průměr pružiny	[m]
e	šířka pryže	[m]
f	výška pryže	[m]
g	gravitační zrychlení	[m.s ⁻²]
k	počet kuličkových jednotek	[-]
m	hmotnost naložené palety	[kg]

v_0	počáteční rychlost pracovní palety	[m.s ⁻¹]
v_1	rychlost pracovní palety na šikmé ploše	[m.s ⁻¹]
v_2	rychlost pracovní palety na rovinné ploše	[m.s ⁻¹]
t	nárazový čas	[s]
t_1	čas sjezdu palety po nakloněné rovině	[s]
t_2	čas jízdy palety po vodorovné rovině	[s]
t_c	celkový čas jízdy palety po drahách	[s]
α	úhel nakloněné roviny	[°]
ζ	rameno valivého odporu	[-]
τ_t	tlakové napětí	[MPa]
τ_{Dt}	dovolené tlakové napětí	[MPa]
τ_D	dovolené napětí při stlačení pružiny	[MPa]
τ_{Dm}	napětí v krutu v mezním stavu	[MPa]

Úvod

Bakalářská práce se zaměřuje na návrh gravitačního dopravníku, po kterém se budou pohybovat palety na kuličkových jednotkách. Tyto palety převážejí sáčky se zeleninou, u kterých je potřeba provést dokončovací operaci (uzavření sáčku svařením), během pohybu po dopravníku. Pro provedení dokončovací operace je nutné paletu jedoucí po dopravníku v určitém místě otočit o 90° . Po dokončení operace se má paleta otočit opět o 90° a pokračovat v původním směru jízdy. Úkolem bakalářské práce bylo navrhnout zařízení, které bude provádět otáčení pracovní palety přednostně pomocí jednoduchých mechanismů bez pomoci elektrických, hydraulických či jiných pohonných zařízení.

1 Dopravní zařízení

Dopravní zařízení jsou podle ČSN 260001 zařízení určené k vodorovnému, svislému a úklonnému přemísťování nákladu, které se na dopravník přivede pomocí jiného mechanismu nebo ručně. Při přemísťování se fyzikální vlastnosti a struktura nákladu nemění. Využívají se k dopravě plynulého toku sypkých materiálů, nebo k dopravě pravidelných dávek kusových či sypkých hmot. Dopravní zařízení se dělí podle několika hledisek. [1]

Uvedené zjednodušené rozdělení:

a) Dopravníky

- ***s tažným prvkem:***

- pásové dopravníky
- lanopásové dopravníky
- řetězové dopravníky
- korečkové elevátory
- podvěsné dopravníky

- ***bez tažného prvku:***

- šnekové dopravníky
- vibrační dopravníky

b) Dopravní tratě

- ***Poháněné***
- ***Nepoháněné***

c) Doprava vlastní tíhou

- ***Skluzy přímé***
- ***Skluzy šroubovicové***

d) Doprava v potrubí

- ***Hydraulická***
- ***Pneumatická***

1.1 Dopravní válečkové tratě

Tratě jsou tvořeny soustavami válečků, které se otáčejí kolem os uložených v rámech a kolmých na směr dopravy a můžeme je dělit na přímé (viz obr. č. 1), nebo obloukové. [1]



Obr. č. 1 Přímá válečková trať. [1]



Obr. č. 2 Oblouková válečková trať. [1]

Válečkové tratě slouží převážně k přemísťování kusového materiálu a tvoří buď samostatné dopravní linky, nebo jsou součástí výrobních linek používané v různých podnicích. Válečky pro trať se vyrábějí normalizované v různých průměrech a délkách (viz tab. 1). [1]

Tab. č. 1 Tabulka normalizovaných rozměrů válečků. [1]

Normalizované rozměry válečků					
Průměr válečku [mm]	60	70	89	108	133
Délka válečku [mm]	400	500	650	800	

Pohyb přepravovaného materiálu na válečkové trati se uskutečňuje pomocí vlastní tíhy, nebo poháněním válečků. Tažná síla vzniká třením mezi válečky a předměty na nich přepravovaných. [1]

Pohánění válečků se uskutečňuje pro skupiny válečků jedním společným motorem, nebo válečky mohou být vybaveny samostatným motorem. [1]

1.1.1 Válečkové tratě gravitační

Válečkové gravitační tratě mají jednoduché a lehké konstrukce. Nejčastěji jsou používány k přepravě výrobků a polotovarů v mezioperační dopravě, na montážních linkách, balících linkách, ve skladech, na vychystávacích linkách, při nakládání a vykládání a také jako systém dynamického skladu. Často také bývají doplněné o jiné přepravní linky z jiných dopravníků. Tato zařízení se díky své jednoduchosti, spolehlivosti a nízké ceně řadí mezi nejpoužívanější prostředky pro přepravu kusového materiálu. Jejich velkou výhodou je, že není třeba žádné elektrické energie k jejich pohonu. [1,3]

Je-li požadavkem samotížný pohyb břemene po těchto tratích, používají se úhly sklonů v rozmezí $1,5^\circ$ až 5° (př. obr. č. 3). U delších tratí je potřeba instalace brzd z toho důvodu, že břemena mohou nabýt příliš vysokých rychlostí. Válečky určené k brždění mohou být třecí, hydraulické, případně elektrické. [2]



Obr. č. 3 Gravitační dopravník. [4]

Válečkovou trat tvoří válečky, které se skládají ze šesti částí, které tvoří válečkovou trať po složení a vložení do tratě. Hlavní část je osa válečku, která se nachází pevně uložená v rámu tratě. Na osu válečku je nasazeno ložisko, které umožňuje točivý pohyb pláště válečku. Ke změně směru dopravy bez změny orientace přemísťovaného materiálu slouží oblouk. Rozdílnou rychlost posuvu obloukové dráhy v různých poloměrech eliminuje dělený, nebo kuželový váleček. [3]

Vzdálenosti válečků se určují tak, aby převážený náklad ležel nejméně na dvou válečcích. Obvykle se vzdálenosti válečku rovnají $1/3$ až $1/5$ délky dopravného předmětu. Při počítání válečku předpokládáme zatížení hmotnosti předmětu na jeden váleček 70%. [1]

Pohyb převáženého nákladu na válečcích se uskutečňuje složkou vlastní tíhy do směru pohybu. Úhel sklonu válečkové trati je důležité stanovit tak, aby se dosáhlo žádaného pohybu rovnoměrného s konstantní rychlostí nebo pohybu rovnoměrně zrychleného. [1]

Druhy použití gravitačních tratí [3]:

1. Sběrné: slouží k odkládání materiálu do pracovních úseků jednotlivých operací a tratě je odevzdávají u navazujících pracovišť.
2. Výrobní tratě: mají za úkol uskutečňovat dopravu mezi skupinami pracovišť jednotlivých operací, používají se také jako součásti výrobní linky, přijímají materiál, dopravují materiál a odevzdávají jej po celé

délce tratě různě rozpracované (viz obr. 4 a 5). Na konci tratě přivází výrobek většinou již hotový.

3. Montážní tratě: montovaný předmět je přemisťován z jednoho pracoviště k druhému, ale neopouští montážní trať.



Obr. č. 4 Výrobní trať. [5]



Obr. č. 5 Výrobní trať. [5]

Válečkové gravitační tratě mívají různá příslušenství, která umožňují přesouvání břemen na válečkovou trať, jejich odsouvání z této trati a spojování mezi trasami válečkové trati. Mohou to být například převážející vozíky, posuvníky, točny (viz obr. 6), nebo zdvihací zařízení. Směr pohybu dopravovaného materiálu se může zajišťovat bočním vedením pomocí zábradlí, nebo kuželovými nákrážky dopravních válečků. [3]



Obr. č. 6 Kombinace válečkové trati a převážejícího vozíku s točnou. [6]

1.1.2 Kuličkový stůl

Kuličkový stůl (viz obr. 7) slouží k dopravě materiálu vodorovně libovolným směrem s nepatrným použitím síly. Využívají se na pracovních a kontrolních místech. [3]

Kuličkové jednotky můžeme uspořádat různě vedle sebe podle potřebného směru posouvání. Kuličková jednotka se dá popsat jako kulička uložená v polokulovité misce. Podstata konstrukce jednotky je v převádění smykového tření na valivé a to nám umožní plynulý posun nákladu. Síla k přesunutí nákladu umístěného na řadě kuličkových dopravních jednotek je obvykle 2% síly potřebné k přesunutí materiálu bez použití kuličkového dopravníku, což znamená, že po kuličkových jednotkách se posune 100 kg nákladu stejnou velkou silou, jako by se posouvaly 2 kg nákladu po hladkém povrchu. [3]



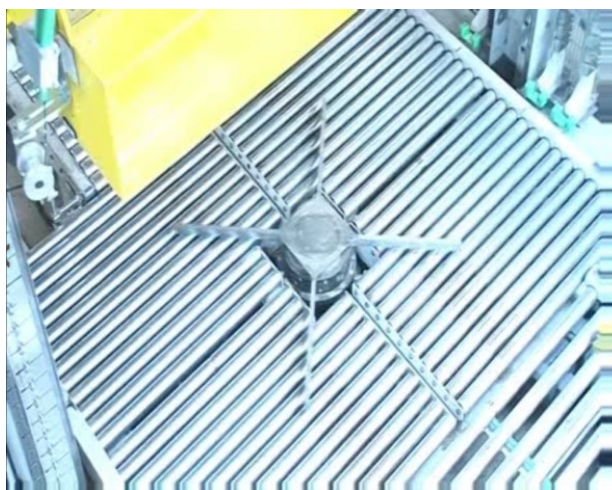
Obr. č. 7 Gravitační dopravník s kuličkovým stolem. [3]

2 Typy zařízení pro otáčení palety

Hlavní náplní této bakalářské práce je navrhnout otáčecí zařízení, které se bude otáčet pomocí jednoduchého mechanismu bez pohonných zařízení. Výrobci nabízejí otočná zařízení, která jsou většinou poháněná.

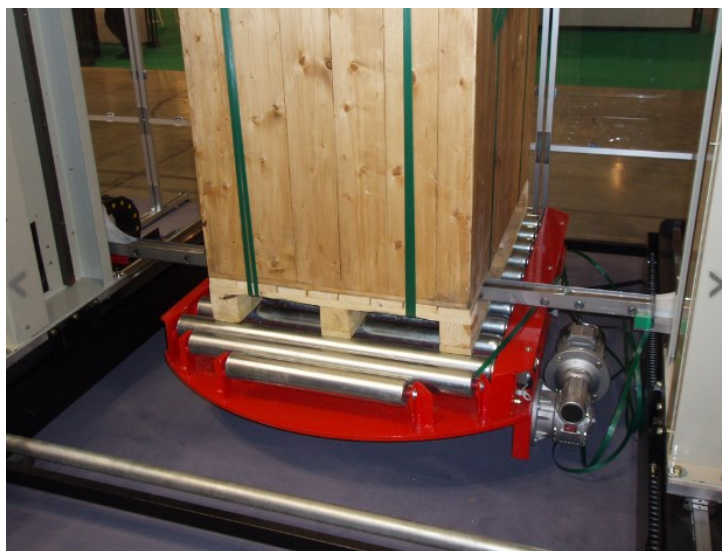
Nejčastěji jsou tyto dvě zařízení:

- **Otočný kříž:** toto otáčecí zařízení palet se například používá u strojů pro zapáskování předmětů. Skládá se z hnaného válečkového dopravníku a otočného kříže (viz obr. 8). Zařízení umožňuje odsun palety z prostoru páskování s otočením o 90°. Otočný kříž je používán spíše pro palety s nižší hmotností. Zařízení je poháněno elektromotorem. Zařízení lze používat pouze v kombinaci s výsuvnou jehlou obvaděče. [7]



Obr. č. 8 Otočný kříž pro otáčení palety při křížovém páskování. [7]

- **Točna:** otáčení zde probíhá na hřídeli v ložisku s axiální únosností. Při otáčení je dopravník podepírán rolnami, které mají za úkol snížit zátěž středového uložení. Skládá se z robustního základového rámu, na kterém je otočně uložen hnaný dopravník palet. Možnost otáčení je nejčastěji o 90°. Točna se používá pro náklad s vyšší hmotností až 2.000kg. Poháněná je dvěma elektromotory, jeden pro pohon válečkového dopravníku a druhý pro zajištění rotace celé točny. [7,8]



Obr. č. 9 Točna pro otáčení palety při křížovém páskování. [7]

3 Varianty konstrukčního řešení

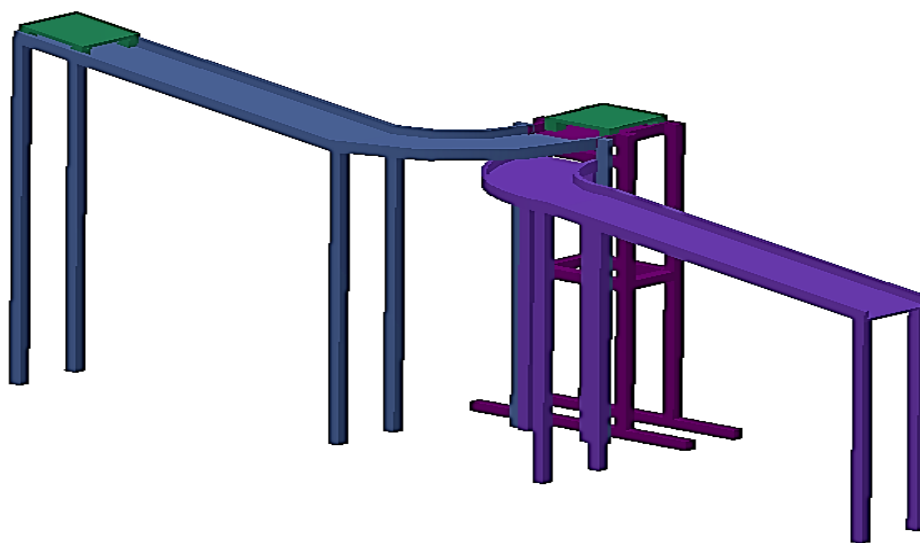
Hlavním úkolem bylo vytvoření otáčecího zařízení, které by umožňovalo provádění otáčení jen s pomocí jednoduchých mechanismů. Ve výrobních podnicích, u kterých se dopravuje balená zelenina, se doposud tento typ konstrukce nepoužívá, proto jsem postupně vymýšlela různé konstrukční návrhy. Důležité je navrhnout konstrukci, jež bude využívat jen základních mechanismů, čímž se sníží servisní náročnost a poruchovost současných výrobních linek.

Varianta č. 1

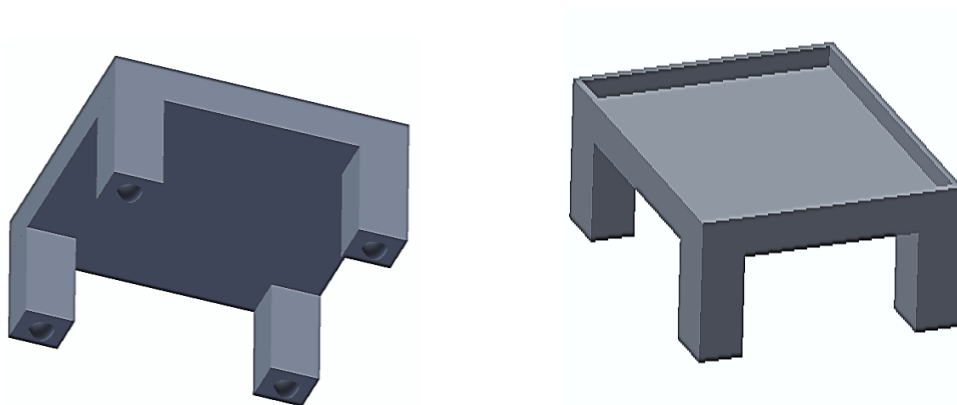
V první variantě (viz obr. 10) je navrženo konstrukční řešení, které by paletu (viz obr. 11) sklápělo pomocí sklopné plošiny (viz obr. 12a,b).

Princip je takový, že na horní příjezdové dráze i na dolní odjezdové dráze, jsou vytvořené obloukové zatočení, jež otočí paletu o 90 stupňů. Po průjezdu zatáčkou je paleta otočena do správné pracovní polohy a poté přijede na sklopnou plošinu. Po provedení úkonu na paletě dojde k odjištění sklápěcí plošiny, jejímu naklopení a tím paleta může sjet dolů a pokračovat v jízdě.

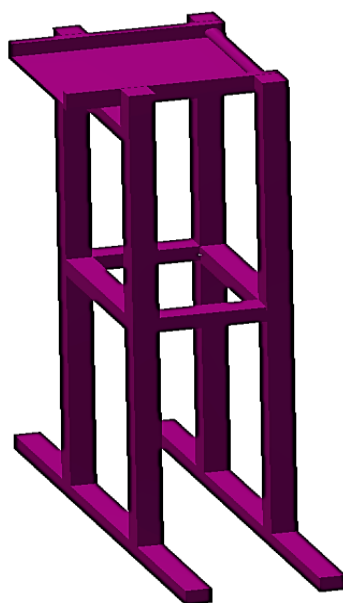
Výhodou této varianty je snadný princip provedení otáčení. Problémem u této varianty je, že konstrukce by zabírala mnoho místa, byla by náročná na výrobu a z tohoto důvodu je konstrukční návrh nevyhovující.



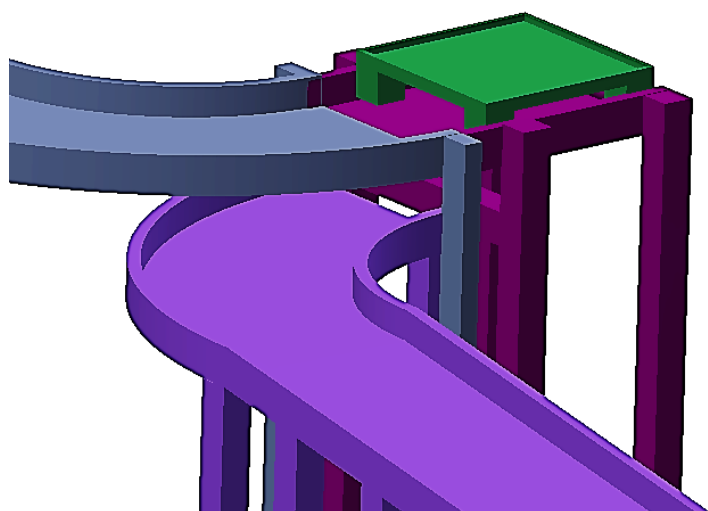
Obr. č. 10 Celková konstrukce dopravníku varianty č.1.



Obr. č. 11 Dopravní paleta s kuličkovými jednotkami.



Obr. č. 12a Sklápěcí mechanismus.



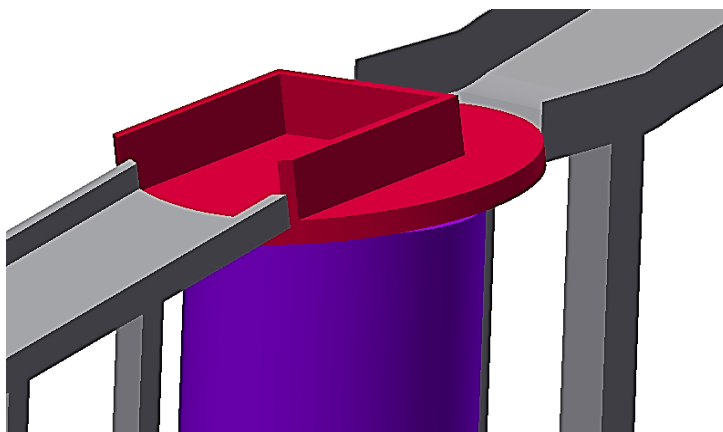
Obr. č. 12b Sklápěcí mechanismus.

Varianta č. 2

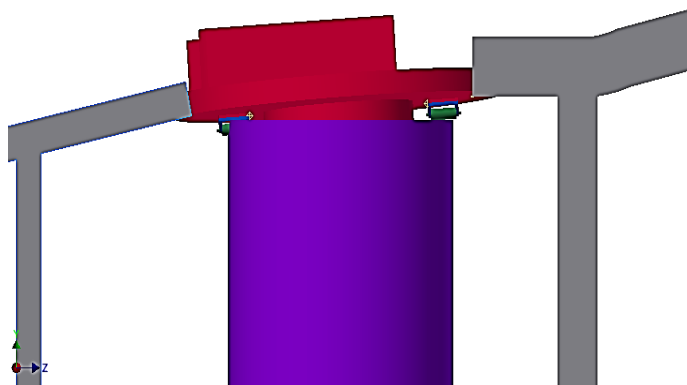
Hlavním rysem druhé varianty (viz obr. 13a) je použití kruhové desky, jež zajistí otáčení palety (viz obr. č. 11a,b). Deska je uprostřed uchycena na naklápěcím kloubu (stejný kloub viz obr. 17) a po obvodu válce se pohybuje na dvou válečkích.

Princip je takový, že paleta přijede po gravitačním dopravníku a vjede do boxu, který je součástí otáčecí kruhové desky. Deska je ve vodorovné poloze, ze spodu je jištěna kloubem, který je umístěn ve středu válce a zajišťuje naklápění. Plošina se otáčí po obvodu válce (viz obr. č. 13b) na dvou válečkích. Válec slouží jako otočná dráha, která vede válečky po svém obvodu. Po otočení kruhové desky o 180° je v dráze válce vytvořena drážka (viz obr. č. 14), do které váleček zapadne, což umožní plošině se naklopit a paleta může pokračovat v jízdě po dopravníku dále.

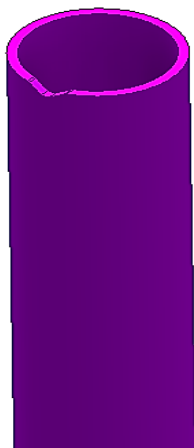
Tato varianta je nevhodná především z důvodu obtížného vyřešení návratu kruhové desky do vodorovné polohy.



Obr. č. 13a Konstrukce varianty č.2.



Obr. č. 13b Konstrukce varianty č.2.

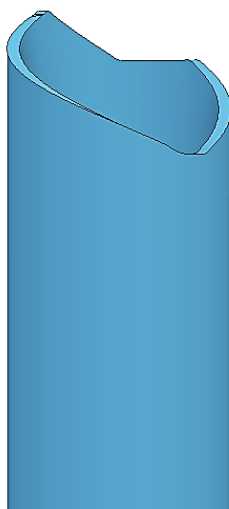


Obr. č. 14 Válec s dráhou po obvodu.

Varianta č. 3

Varianta č. 3 se od předchozí varianty liší úpravou válce, kdy je na něm pozměněna dráha a ta umožňuje sjezd po obvodu válce vlivem gravitace. Princip je stejný jako u varianty č. 2 s tím, že válec je upravený tak, že dráha je nakloněná pod potřebným úhlem (viz obr. č. 15). Po pootočení o 90° je vytvořena rovná plocha pro zastavení palety, aby bylo možné provést úkon na paletě. Dále je pak vytvořeno vykrojení, které dopraví otáčecí stůl do drážky, kde zůstane stát, otočná plocha bude nakloněna a paleta může odjet.

Tato varianta je nevhodná, jelikož hlavním problémem mimo jiné by bylo vrátit otočnou desku do prvotní polohy.



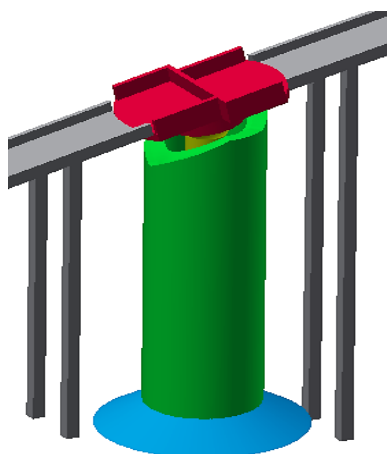
Obr. č. 15 Válec s dráhou po obvodu.

Varianta č. 4

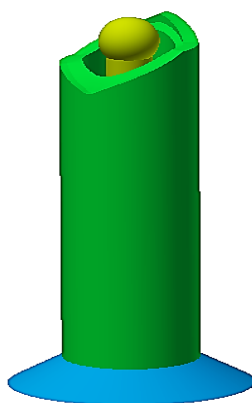
Důvodem vzniku této varianty (viz obr. č. 16) bylo odstranění problému vrácení otočné desky do původní polohy z varianty č. 3. Je zde použit jiný způsob navrácení desky do původní polohy, a to že deska se otáčí stále v jednom směru. U předchozích variant bylo počítáno se zpětným návratem desky do původního stavu. Z tohoto důvodu jsou součástí otočného stolu dva boxy, otočná deska i válec. Válec má symetrická vykrojení, aby oba válečky opisovaly stejnou dráhu při otáčení.

Princip by byl takový, že paleta přijede do jednoho boxu na otočné desce, sjede po dráze nejdříve o 90° a pak o zbytek vlivem zatížení desky paletou a jakmile přijede box dolů, druhý už bude přichystán pro příjezd další palety v horní poloze a po zatížení touto další paletou provede stejný úkon.

Tato varianta je nevhodná, jelikož otočná deska má pouze dva opěrné body a mohlo by docházet k překlolení otočné desky. Z konstrukčních důvodů zde není možno přidat třetí opěrný bod.



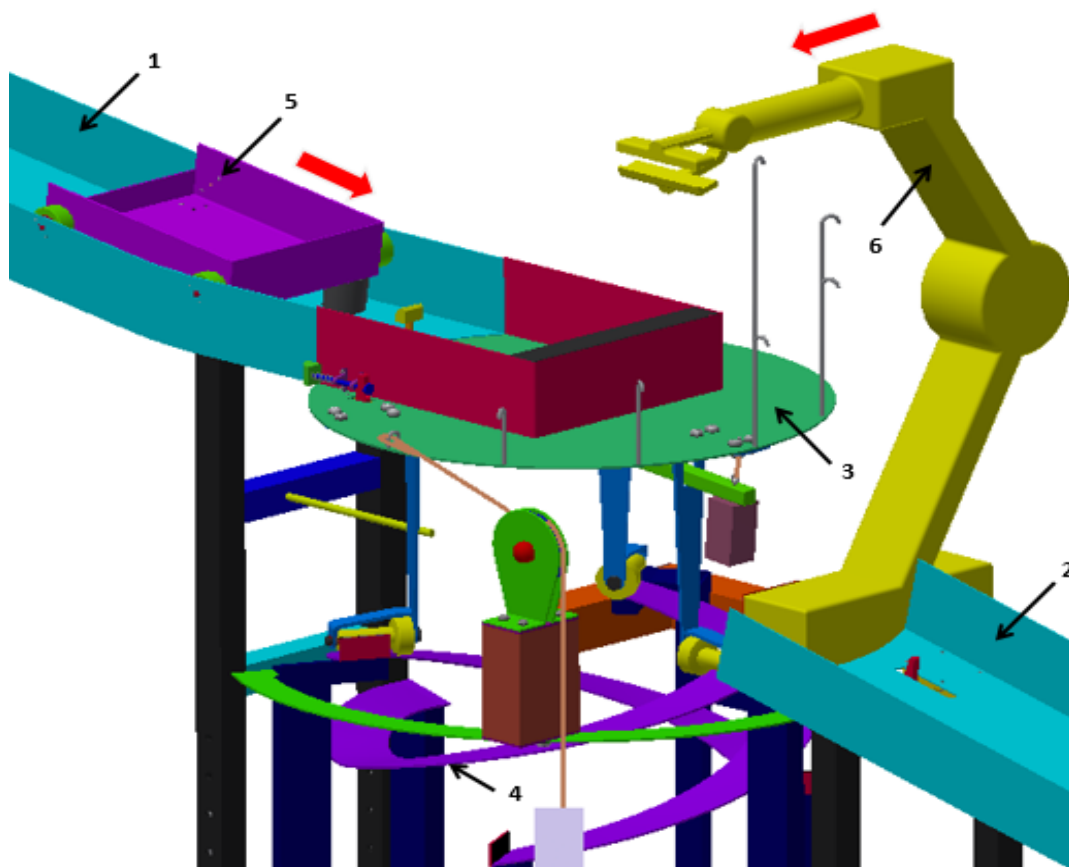
Obr. č. 16 Konstrukce varianty č.4.



Obr. č. 17 Válec s dráhou po obvodu.

4 Konečné konstrukční řešení otočného zařízení

Analýzou nevýhod předchozích návrhů se dospělo k této konečné variantě (viz obr. č. 18). Otočná dráha má v této variantě tři opěrné body, které zajistí, aby nemohlo dojít při otáčení k naklopení otáčecí desky. Výhodou této varianty jsou malé nároky na prostor a nižší hmotnost oproti předchozím variantám.



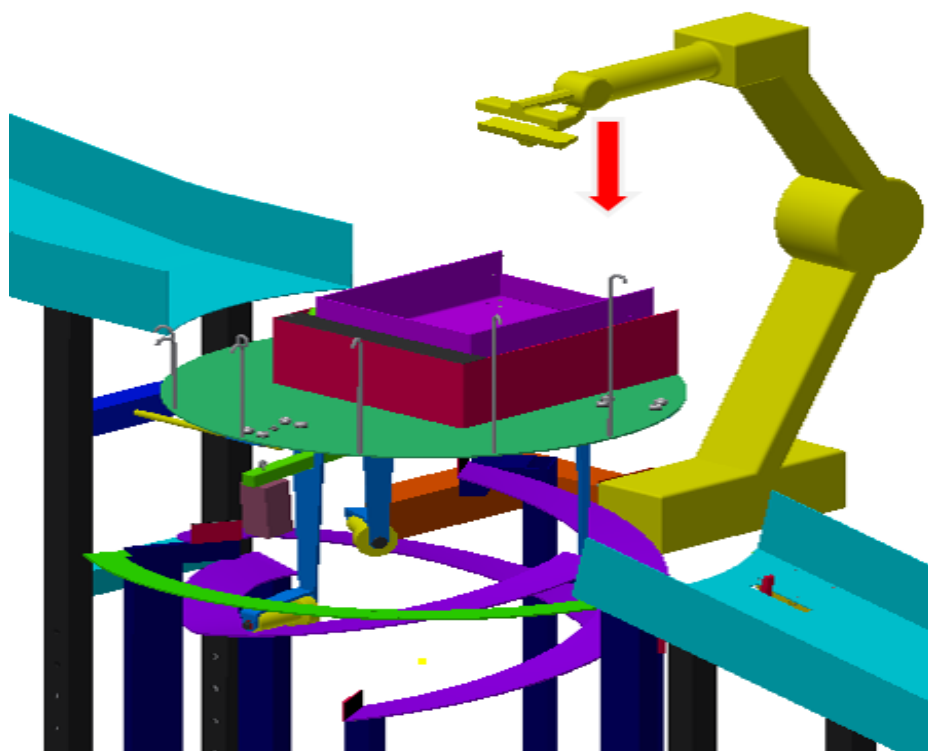
Obr. č. 18 Konečná konstrukce otáčecího zařízení – 1) horní příjezdová dráha, 2) dolní odjezdová dráha, 3) otočný stůl, 4) otočná dráha, 5) pracovní paleta, 6) svařovací zařízení.

4.1 Princip funkce otáčecího zařízení

Po horní příjezdové dráze přijíždí naložená paleta se sáčkem (viz obr. č. 18), která se pohybuje na kuličkových jednotkách. Paleta se pohybuje po nakloněné dráze vlivem gravitace. Po bocích palety jsou připevněny menší kuličkové jednotky, které slouží k bočnímu vedení v dráze. Paleta vjíždí z horní příjezdové gravitační dráhy do boxu umístěného na otočné desce. Otočná deska je do doby, než přijede paleta do boxu, ustavena horním zajišťovacím mechanismem. Paleta se v boxu zastaví

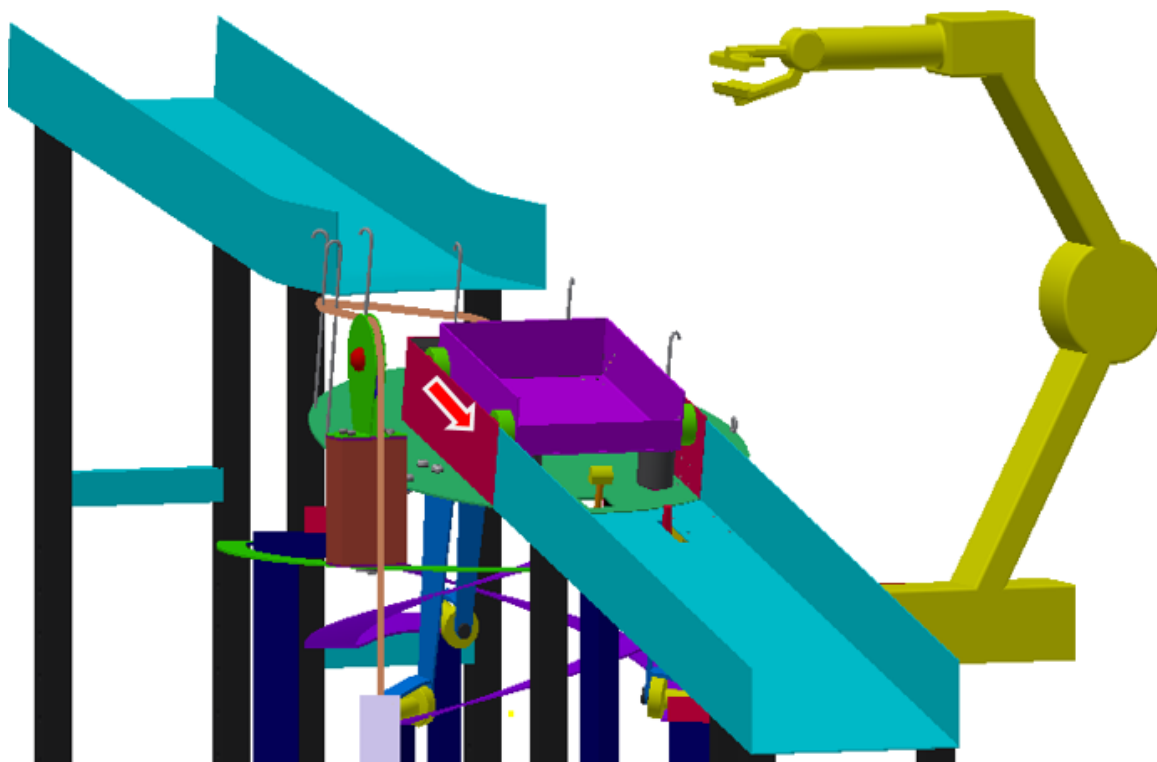
o pryžovou zarážku, boční plech na paletě odjistí horní zajišťovací mechanismus, čímž dojde k rozpohybování otočného stolu. Zpětnému pohybu palety je zabráněno pomocí pohyblivé zábrany po zastavení palety.

Po otočení stolu o 90° (viz obr. č. 19) dochází k pracovní operaci. Zastavení stolu v této pozici je zajištěno zarážecí tyčí, která je spojena se svařovacím zařízením. Po vykonání pracovní operace se svařovací zařízení posune dozadu do pozice č. 2 (čímž se také odsune zarážka), a tím je umožněno otočení o dalších 90° (do konečné pozice). V průběhu tohoto otáčení se díky tvarování otočné dráhy pracovní stůl naklopí. Úhel tohoto naklopení odpovídá sklonu odjezdové dráhy.



Obr. č. 19 Po otočení stůl o 90° .

V koncové pozici (viz obr. č. 20) je otočný stůl zajištěn dolním zajišťovacím mechanismem. Umístění odjišťovací páky tohoto mechanismu je na odjezdové dráze, čímž je zajištěno, že se stůl začne vracet do původní polohy až po odjezdu celé palety otočné plošiny. Vlastní návrat zajistí protizávaží, které je přes kladku vedeno k otočné desce.



Obr. č. 20 Stůl v koncové pozici.

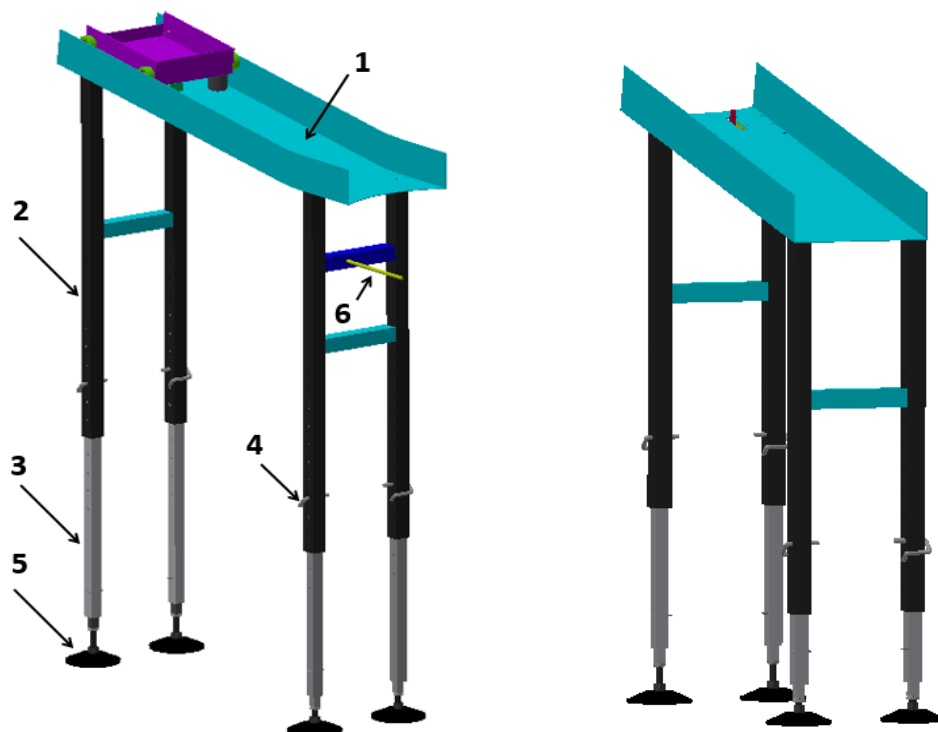
4.2 Konstrukční řešení jednotlivých částí

4.2.1 Příjezdová a odjezdová dráha

Příjezdová dráha je tvořena spodní pojezdovou plochou, k níž jsou přivařeny bočnice. Sklon dráhy je 8° . Dráha ve spodní části přechází do vodorovné roviny a její zakončení je vyřezáno do půlkruhu o poloměru otáčecí desky. Ze spodní strany dráhy jsou přivařeny pevné podpěry. Podpěra se skládá z vnějšího tělesa, do kterého je vložena stavitelná podpěra. Možnost výškového nastavení je v rozmezí 500 mm. Zajištění polohy je řešeno pomocí čepů. Pro vyrovnání nerovností jsou na spodní části umístěny koncovky, které umožňují nastavení výšky v řádech desítek milimetrů. Koncovky jsou pro lepší stabilitu upevněny k podlaze pomocí šroubů.

Odjezdová dráha (viz obr. č. 21) je řešena stejným způsobem, jen je vynechána vodorovná část s výřezem a tyčí pro mechanismus.

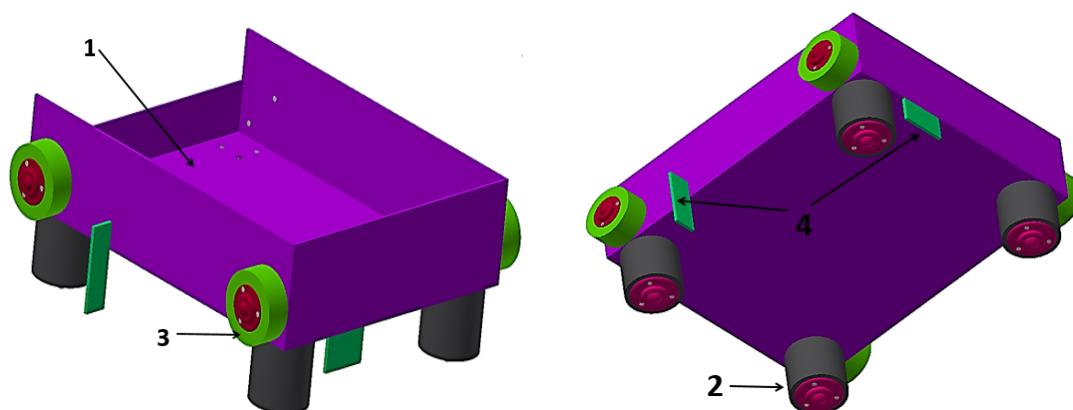
Výška drah a tím i otáčecího zařízení je dána ergometrickými důvody, kdy konec odjezdové dráhy je ve výšce.



Obr. č. 21 Příjezdová dráha v levo a odjezdová dráha v pravo – 1) pojezdová plocha s bočnicemi, 2) pevná podpera, 3) stavitelná podpěra, 4) čep, 5) koncovka, 6) tyč mechanismu pohyblivé zábrany.

4.2.2 Pracovní paleta

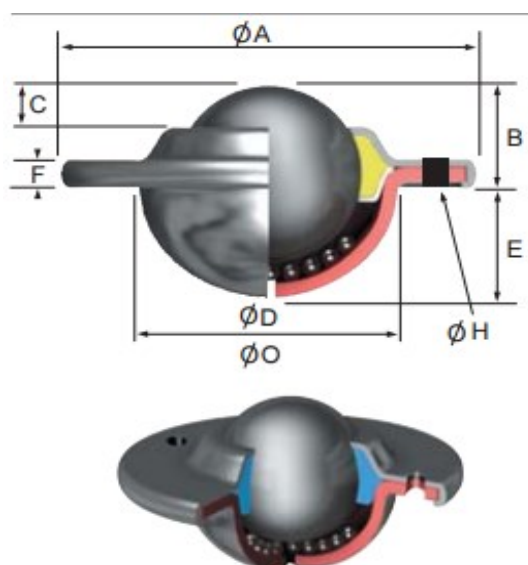
Pracovní paleta (viz obr. č. 22) je obdélníková o rozměrech 300 x 295,5. Těleso palety je tvořeno plechovými díly. Základní plech je ohnut, tím tvoří dno a bočnice palety. Přední a zadní čelo je navařeno na tento plechový díl. Přední čelo je sníženo z důvodu pracovní operace. Pojezd palety je zajištěn kuličkovými jednotkami uchyceným k jednotkovým nohám. Pro snížení hmotnosti palety jsou jednotkové nohy vyrobeny z plastu. Jednotkami stejného typu, ale s menšími rozměry, je zajištěno vymezení boční stěny vůči pojezdové dráze. K pracovní paletě jsou připevněny vpředu a na pravém boku záchytky páky, které zajišťují spuštění, či návrat stolu do původní polohy.



Obr. č.22 a,b Pracovní paleta – 1) dno s bočnicemi, 2) kuličkové jednotky, 3) nohy jednotek, 4) záchytné páky.

Volba kuličkové jednotky:

Kuličkové jednotky této palety jsou použity od firmy VK ložiska, typ přírubová jednotka 3016 - 4001 / 3274 (viz obr. č. 23 a tab. č. 2).



Obr. č. 23 Kuličková jednotka. [9]

H - průměr díry pro upevňovací šrouby

I - průměr roztečené kružnice (ev. rozteč) děr pro upevňovací šrouby tělesa

O - průměr otvoru v desce pro zabudování

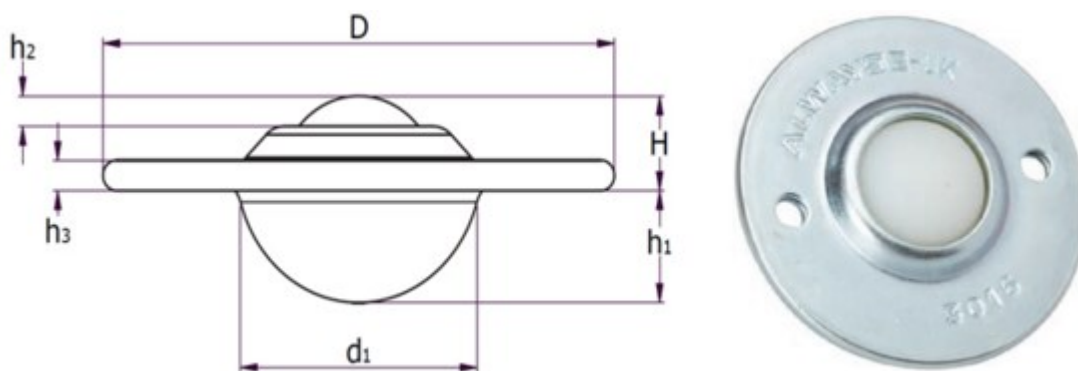
Maximální zatížení jednotky je 6 kg.

Tab. č. 2 Tabulka rozměrů přírubové jednotky. [9]

Č.	POČET DĚR	Ø KOULE (mm)	HMOTN. (g)	ROZMĚRY (mm)								
				Ø A	B	C	Ø D	E	F	Ø I	Ø H	Ø O
3016	2	15	45	41,3	10,2	4	22,2 ± 0,2	8,3	3,2	30 ± 0,2	3,5	23

Volba kuličkové jednotky boční:

Kuličkové jednotky pro boky palety jsou použity od firmy ESSENTRA COMPONENTS, typ kuličková dopravní jednotka s montážní deskou SR 6418 (viz obr. č. 24 a tab. č. 3).



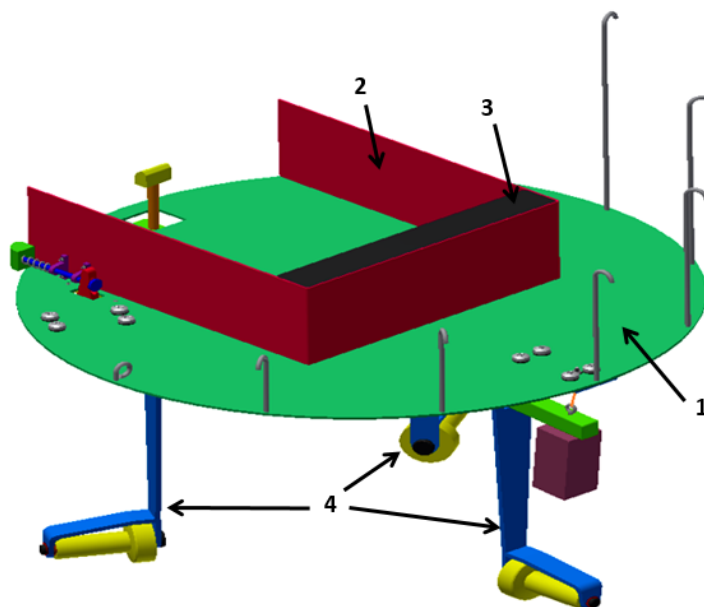
Obr. č. 24 Kuličková jednotka boční. [10]

Tab. č. 3 Tabulka rozměrů boční přírubové jednotky. [10]

Č.	POČET DĚR	Ø KOULE (mm)	ROZMĚRY (mm)					
			D	H	h2	d1	h1	h3
550966	2	12,7	31	7	2,5	20	8,2	2,5

4.2.3 Otočný stůl

Otočný stůl (viz obr. č. 25) tvoří stěžejní část konstrukce, zajišťuje přepravu pracovní palety z příjezdové na odjezdovou dráhu. Je tvořen z kruhové základny, k níž je přivařen box, v němž bude umístěna pracovní paleta. Box je v zadní části opatřen pryžovým pásem, který slouží k hladkému zastavení pracovní palety při příjezdu do boxu. Otočný stůl pomocí nosných noh s válečky pojíždí po otočné dráze.



Obr. č. 25 Otočný stůl – 1) kruhová základna, 2) box, 3) pryžový pás, 4) nosné nohy s válečky.

4.2.4 Nosné nohy s válečky

Nosné nohy (viz obr. č. 26) jsou důležitou částí pro pohyb po otočné dráze. Nohy jsou tvořeny dvěma plechovými částmi z nerezové oceli.

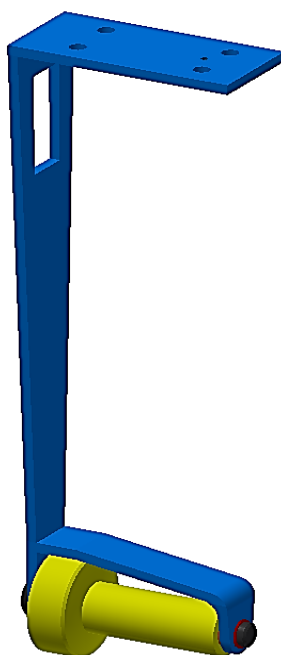
První část je tvořena ohnutým profilem L, která je pevně připevněna k otočné desce pomocí šroubů s maticemi a musí mít dostatečnou délku, aby při otočení pracovní palety zůstala otočná deska stále v poloze nad otočnou drahou. Pohyb nad otočnou drahou odstraní problém s příjezdem a dojezdem palety aniž by musela míjet otočnou dráhu, pokud by se otočná deska pohybovala ve středu dráhy.

Druhá část profilu je přivařená nad válečkem k delší části nohy a je vytvarovaná vzhledem k pohybu nohy po dráze. Jelikož je mezi drahami, kterými nohy projíždí jen úzký prostor, musí být profil nad válečkem zkosený, aby otočná dráha nemohla kolidovat s nohou.

Na koncích nohou jsou připevněny válečky, které jsou drženy na čepu s hlavou a zajištěny jsou pojistným kroužkem. Pro snadnější otáčení válečku jsou mezi čepem a válečkem použity dvě kluzná ložiska, která zároveň zajišťují vůli mezi boky válečku a profily po bocích, pomocí kterých je váleček držen. Tvar válečku (viz obr. č. 22) je navrhnout tak, aby zajišťoval udržení všech tří nohou na dráze v potřebné poloze,

což je řešeno zvětšením průměru bližší části válečku ke středu otočné dráhy. Pro přesné opisování dráhy válečkem je přechod mezi větším a menším průměrem válečku zkosený pod úhlem točení dráhy.

Otočné zařízení má celkem tři nohy, jejichž provedení je u všech nohou stejné s tou výjimkou, že jedna z nich má navíc vytvořený pod zajišťovací plochou otvor pro průchod mechanismu pohyblivé zábrany.



Obr. č. 26 Nosná noha s válečkem.

4.2.5 Otočná dráha

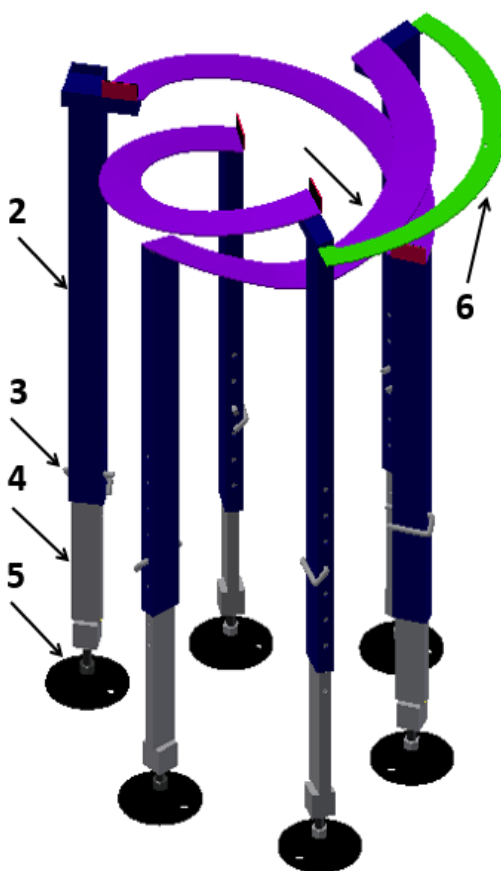
Při navrhování konstrukce, bylo nejdůležitější, navrhnout takovou otočnou dráhu, která umožní otočné desce otočení o celkových 180° a zároveň zajistí její naklonění pro odjezd palety z boxu.

Otočná dráha (viz obr. č. 27) je tvořena třemi drahami z toho důvodu, aby mohla mít otočná deska tři opěrné body a nedocházelo k jejímu naklápění. Dráhy mají na první pohled tvar půlkružnice. K těmto půlkružnicím je však ještě přidán kus dráhy z každé strany o poloměru válečku a tloušťky pryže, aby osy válečků sjely přesně o 180° . To zajistí rovné napojení boxu otočné plochy s příjezdovou a odjezdovou drahou.

Dvě z těchto tří drah jsou tvarově provedeny stejně a jejich konce jsou zakončeny osazením (na němž je připevněn pryžový pás), které slouží pro zastavování válečků.

Třetí dráha má upravený tvar, který zajistí otočné desce její naklonění při dokončování otáčení. Prvních 90° této dráhy je totožný s ostatními drahami. Díky tomu se otočná deska udržuje ve vodorovné poloze, která je potřebná při svařování sáčku. Změna začíná v dalších 90° kdy dráha přestává klesat. Ve výšce, která vytvoří konečné naklonění o 13° je výška udržovaná ve stejné poloze při otáčení. V úseku, kdy již dráha neklesá, je dráha navíc upravena tak, že se naklání směrem ke středu otočné dráhy, zatím co zbylé dvě dráhy pokračují v klesání dál. Toto provedení dráhy způsobí naklopení otočné desky pod stejným úhlem jako je sklon odjezdové gravitační dráhy.

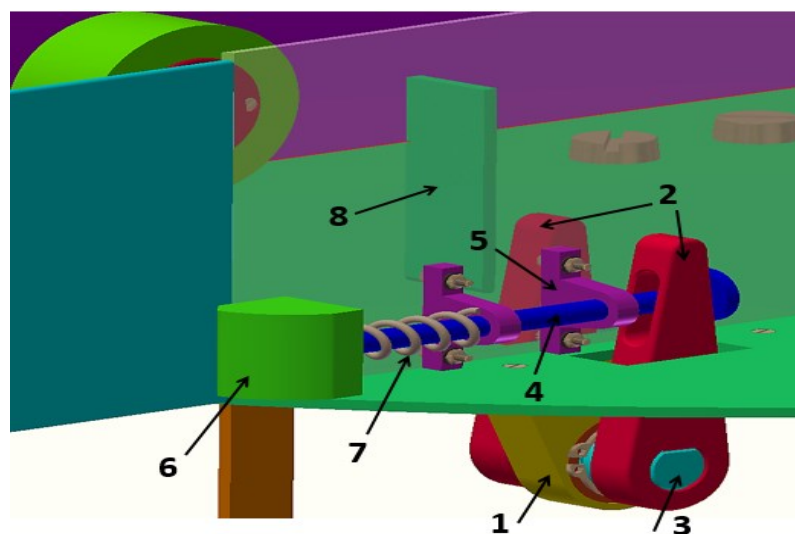
Poznámka: dráha je konstruovaná z hlediska funkčnosti, není zde brán ohled na její pevnost.



Obr. č. 27 Otočná dráha – 1) dráhy, 2) nastavitelná podpěra, 3) čep, 4) stavitelná noha, 5) koncovka, 6) nosná obruč kladky.

4.2.6 Horní zajišťovací mechanismu

Paleta se přemísťuje z příjezdové dráhy na otočný stůl. Aby nenastala situace, že se začne stůl otáčet před příjezdem celé pracovní palety do prostoru stolu, je zde použit horní zajišťovací mechanismus. Je umístěn na otočném stole. Konstrukce tohoto mechanismu je složena z pevného domku, v němž je otočně uložen čep zakončený na obou stranách osazením s drážkou. Na těchto koncích jsou upevněny páky, přičemž páku umístěnou v přepravním boxu posune při svém příjezdu boční osazení na pracovní paletě a tím přeneseme tento pohyb na páku umístěnou vně boxu. Tato páka pohybuje se západkou (je spojena s táhlem), přičemž tato páka odjistí pohyb otočného stolu. Návrat západky do původní polohy je zajištěn vratnou pružinou. Západka je tvarově řešena tak, aby při zpětném pohybu pracovního stolu došlo ke snadnému zajištění tohoto stolu v horní poloze.

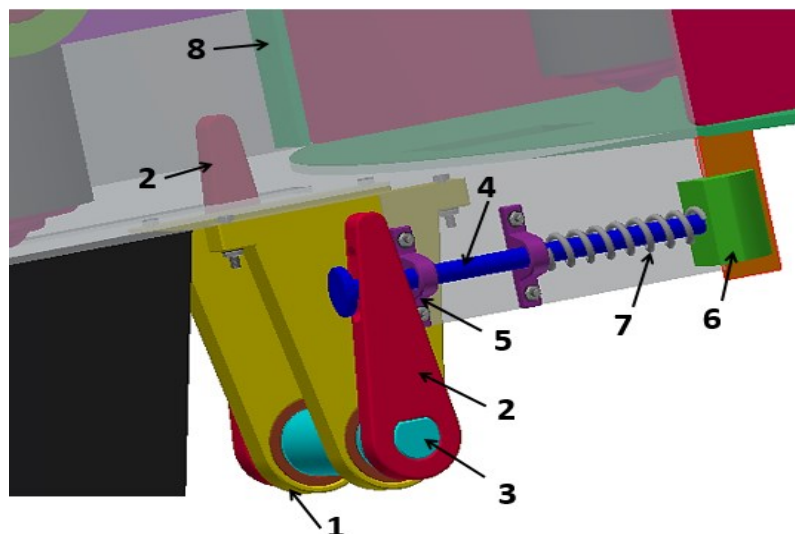


Obr. č. 28 Horní zajišťovací mechanismus – 1) ložiskový domek, 2) páky, 3) čep s osazením, 4) táhlo, 5) domek táhla, 6) západka, 7) pružina, 8) záchytná páka palety.

4.2.7 Dolní zajišťovací mechanismus

Konstrukce je analogická, jako u horního zajišťovacího mechanismu. Odlišuje se použitím dvou pevných domků a také tím, že páky nemají stejnou délku (páka umístěná na dopravní dráze, tj. ta, s kterou pohybuje osazení na dopravní paletě, je delší). Celý tento mechanismus je umístěn na odjezdové dráze. Při příjezdu otočného stolu do spodní polohy se západka zachytí o bočnici dráhy a fixuje stůl v této

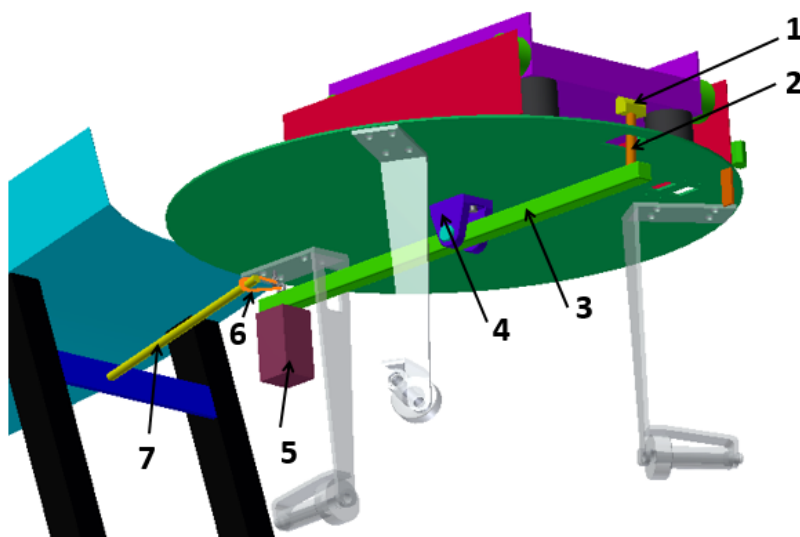
poloze. Osazení, jež zabezpečuje odjištění tohoto mechanismu, je umístěno na konci dopravní palety, a tudíž se stůl začne pohybovat až po odjezdu celé palety z prostoru otočného stolu.



Obr. č. 29 Dolní zajišťovací mechanismus - 1) ložiskový domek, 2) páky, 3) čep s osazením, 4) táhlo, 5) domek táhla, 6) západka, 7) pružina, 8) záchytná páka palety.

4.2.8 Pohyblivá zábrana

Úkolem tohoto mechanismu (viz obr. č. 30) je zajištění polohy palety v boxu na otáčecí desce a zamezení vypadnutí dopravní palety při pohybu otočného stolu. K zajištění je použita zábrana ze silonu našroubovaná na tyči zábrany, která je spojena s naklápěcí tyčí. Naklápěcí tyč je umístěna pod otáčecí deskou a je uchycena k ložiskovému domu pomocí čepu se závlačkou. Ložiskový domek je k otáčecí desce přichycen šrouby s maticemi. Na opačné straně houpací tyče od tyče zábrany je její konec zatížen závažím přišroubovaným šroubem s okem procházejícím naklápěcí tyčí. Oko slouží k zachycení lana s naklápěcí tyčí pro spojení s otočnou deskou, kde je uchycen druhý konec stejným způsobem. Aby tento mechanismus fungoval, je k nohám horní příjezdové gravitační dráhy připevněna tyč, o kterou se bude lano zachytávat.



Obr. č. 30 Pohyblivá zábrana v konečné pozici – 1) zábrana, 2) tyč zábrany, 3) houpací tyč, 4) ložiskový domek, 5) závaží, 6) lano, 7) záchytná tyč lana.

Volba šroubů s okem:

Šrouby s okem jsou použity od firmy Kutil, typ Šroub s okem nerez (viz obr. č. 34 a tab. č. 4).



Obr. č. 31. Šroub s okem. [11]

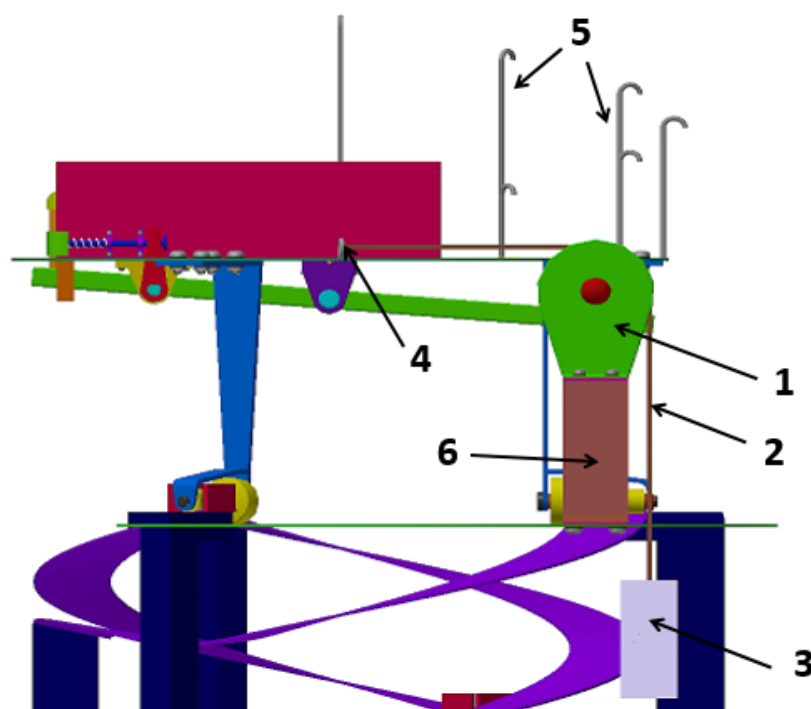
Tab. č. 4 Tabulka parametrů šroubu s okem. [11]

závit	ROZMĚRY (mm)	
	a	b
M4	40	6

4.2.9 Soustava protizávaží

Mechanismus, určený k vyzdvižení otáčecí desky do původní polohy, provádí tento úkon pomocí protizávaží (viz obr. č. 32). Protizávaží je zavěšeno na laně, které je opásáno kolem kladky a dále je přichyceno k oku na otáčecím stole. Lano se v průběhu otáčení otáčecí desky namotává po obvodu otočné desky kolem sloupků. Sloupky jsou tvořeny válcovou tyčí nahoře zahnutou do tvaru háku. Háček je určen

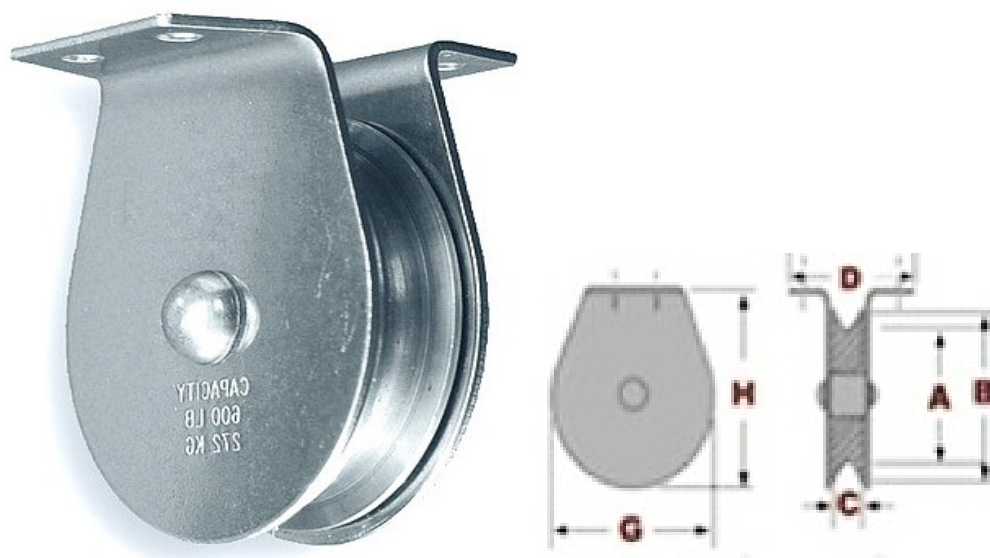
k zachycení lana, pokud by po sloupku sjíždělo. Sloupky jsou k otočné desce přivařeny. Kladka je pomocí šroubů přišroubovaná k podstavci, který je přivařen k obruči. Obruč je přivařena k nohám otočné dráhy.



Obr. č. 32 Soustava protizávaží – 1) kladka, 2) lano, 3) závaží, 4) oko, 5) sloupky, 6) podstavec.

Volba kladky:

Kladka je použita od firmy Metaltrade international, typ kladka ocelová s přírubou 2 Zn (viz obr. č. 33 a tab. č. 5).



Obr. č. 33. Kladka. [12]

Tab. č. 5 Tabulka rozměrů kladky. [12]

Č.	lano (mm)	plech (mm)	nosnost (kg)	ROZMĚRY (mm)		
				D	B	G
3650-10	8-10	3	12,7	90	98	108

Volba lana:

Lano je použito od firmy Lanex, typ přírodní lano (viz obr. č. 34 a tab. č. 6).



Obr. č. 34 Lano. [13]

Tab. č. 6 Tabulka parametrů lana. [13]

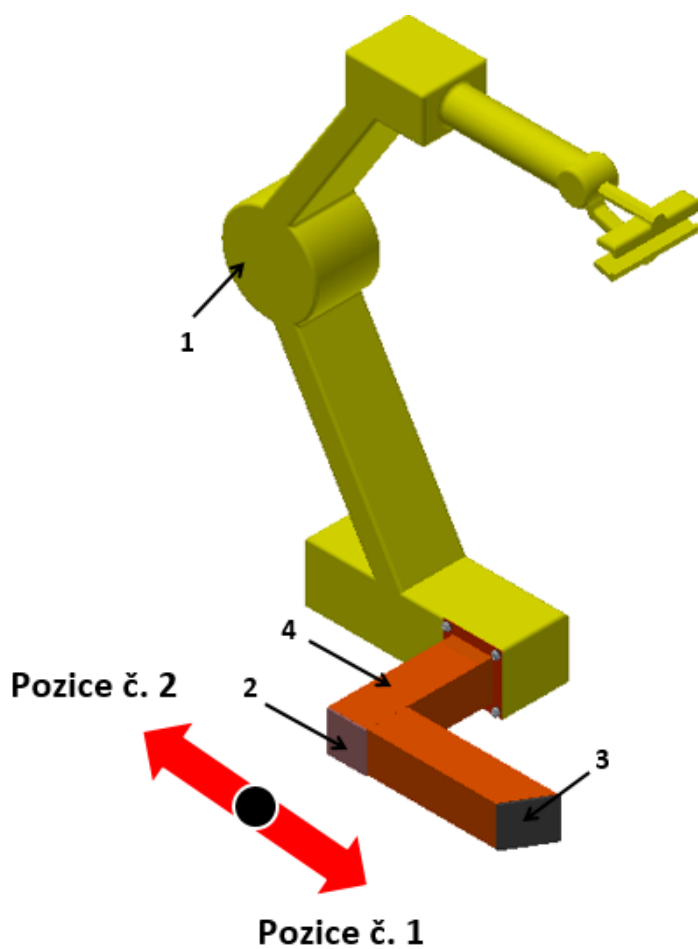
Průměr (mm)	Pevnost (kg)	Hmotnost (g/m)
8	480	93

4.2.10 Zarážecí tyč

V průběhu otáčení otočné desky o 180° musí dojít k jejímu zastavení po otočení o 90°, aby mohlo dojít ke svaření sáčku. K zastavení slouží zarážecí tyč (viz obr. č. 35), která je přišroubovaná pomocí šroubů ke svařovacímu stroji jako nástavec.

Při pohybu otočného stolu z počáteční polohy je svařovací zařízení ustaveno v pozici č. 1. V této pozici zasahuje záchytná zarážka do prostoru otočné dráhy, čímž tvoří překážku v pohybu otočného stolu. O tuto zarážku se zastaví nosná noha. Pro hladší zastavování nohy je k zarážce připevněna pryžová koncovka. Po vykonání pracovní operace se svařovací zařízení odsune do pozice č. 2 a tím umožní

pokračování pohybu otočného stolu do koncové pozice. Svařovací zařízení zůstává v této pozici i při zpětném pohybu pracovního stolu, jakmile se tento ocitne v horní poloze, svařovací zařízení se posune do polohy č. 1.



Obr. č. 35 Zarážecí tyč se svařovacím zařízením – 1) svařovací zařízení, 2) zarážecí tyč, 3) pryžová koncovka, 4) krytka.

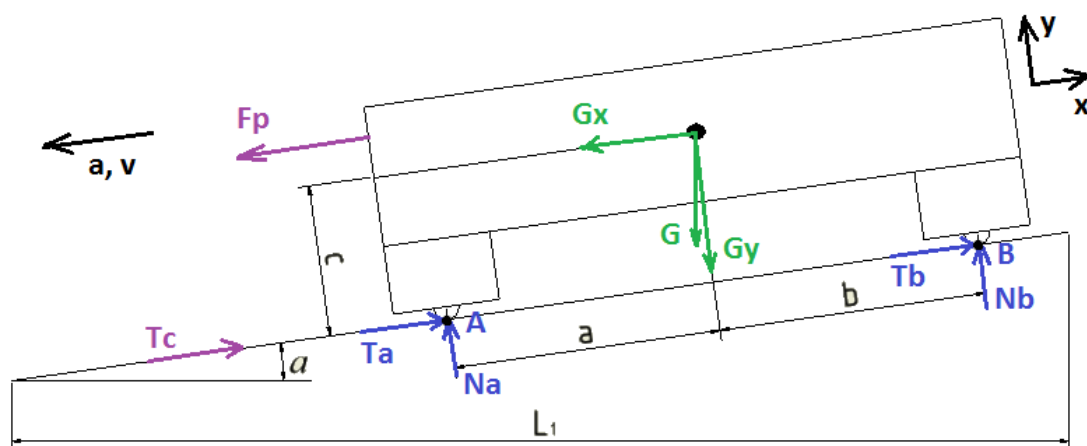
5 Výpočtová část

5.1 Výpočet rychlosti vjezdu palety do boxu na otáčecí desce

Tab. č. 7 Vstupní parametry pro výpočet

Veličina	Označení	Velikost	Rozměr
délka nakloněné dráhy	L_1	1	[m]
gravitační zrychlení	g	9,8	[m.s ⁻²]
úhel nakloněné roviny	α	8	[°]
hmotnost naložené palety	m	4,9	[kg]
rameno valivého odporu	ζ	0,00005	[-]
poloměr průřezu valivého tělesa	R	0,0075	[m]
počáteční rychlost	v_0	0	[m.s ⁻¹]
délka vodorovné dráhy	L_2	0,614	[m]
délka bodu A od těžiště	a	0,13	[m]
délka bodu B od těžiště	b	0,12	[m]
výška bodů A a B k těžišti	c	0,067	[m]

- Výpočet rychlosti v_1 po sjezdu z nakloněné roviny:



Obr. č. 36 Schéma palety jedoucí po nakloněné rovině.

Výpočet tíhové síly G pracovní palety:

$$G = m \cdot g = 4,9 \cdot 9,81 = 48 \text{ N}$$

(1)

Výpočet tíhové síly ve směru osy x a y:

$$G_x = G \cdot \sin(\alpha) = 48 \cdot \sin(8) = 6,7 \text{ N} \quad (2)$$

$$G_y = G \cdot \cos(\alpha) = 48 \cdot \cos(8) = 47,5 \text{ N} \quad (3)$$

Výpočet normálové síly N_b pomocí momentové rovnice v bodě A:

$$\sum M_A: \quad N_b \cdot (a + b) - G_y \cdot a + G_x \cdot c = 0 \quad (4)$$

$$N_b = \frac{G_y \cdot a - G_x \cdot c}{a + b} = \frac{47,5 \cdot 0,13 - 6,7 \cdot 0,067}{0,13 + 0,12} = 22,9 \text{ N}$$

Výpočet normálové síly N_a ve směru osy y:

$$\sum F_y: \quad N_a + N_b - G_y = 0 \quad (5)$$

$$N_a = G_y - N_b = 47,5 - 22,9 = 24,6 \text{ N}$$

Výpočet vazbových sil T_a , T_b zprostředkovaných třením jednotek o plochu dráhy:

$$T_a = N_a \cdot \frac{\xi}{R} = 24,6 \cdot \frac{0,00005}{0,0075} = 0,164 \text{ N} \quad (6)$$

$$T_b = N_b \cdot \frac{\xi}{R} = 22,9 \cdot \frac{0,00005}{0,0075} = 0,153 \text{ N} \quad (7)$$

Výpočet normálové síly N_{1k} jedné kuličkové jednotky na plochu dráhy:

$$N_{1k} = \frac{N_c}{k} = \frac{47,5}{8} = 5,94 \text{ N} \quad (8)$$

kde:

N_c [N] celková síla působící na dráhu paletou, tato síla odpovídá síle $G_y = 47,5 \text{ N}$

k [-] počet kuličkových jednotek palety, $k = 8 \text{ ks}$

Výpočet valivého odporu jedné kuličkové jednotky F_t :

$$F_t = \frac{\xi \cdot N_{1k}}{R} = \frac{0,00005 \cdot 5,94}{0,0075} = 0,039 \text{ N} \quad (9)$$

Výpočet celkového valivého odporu F_{tc} kuličkových jednotek palety:

$$F_{tc} = F_t \cdot k = 0,039 \cdot 8 = 0,312 \text{ N} \quad (10)$$

Výpočet hnané síly palety na šikmé ploše $F_{pš}$:

$$F_{pš} = Gx - T_a - T_b - F_{tc} = 6,7 - 0,164 - 0,153 - 0,312 = 6,072 \text{ N} \quad (11)$$

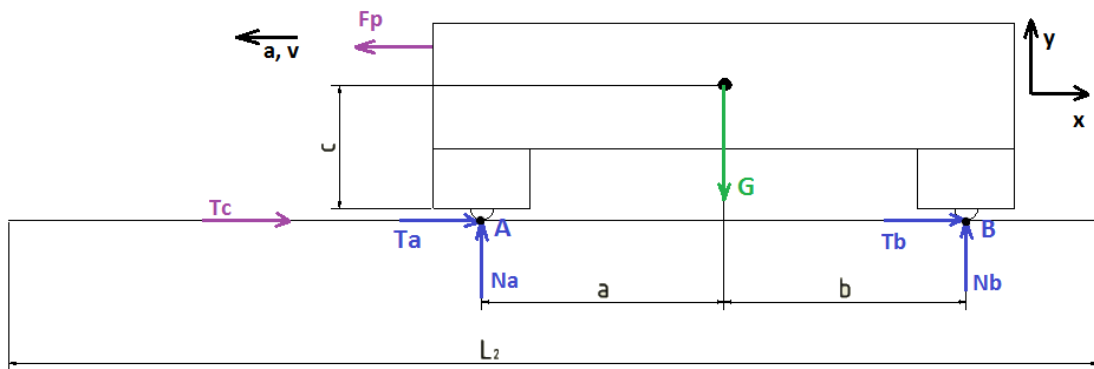
Výpočet zrychlení a_1 pracovní palety:

$$F_{pš} = m \cdot a_1 \rightarrow a_1 = \frac{F_{pš}}{m} = \frac{6,072}{4,9} = 1,24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (12)$$

Výpočet rychlosti v_1 pracovní palety:

$$v_1 = \sqrt{a_1 \cdot 2 \cdot L_1 + v_0^2} = \sqrt{1,24 \cdot 2 \cdot 1 + 0^2} = 1,574 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (13)$$

• **Výpočet rychlosti v_2 na konci rovinné dráhy:**



Obr. č. 37 Schéma palety jedoucí po vodorovné rovině.

Výpočet normálové síly N_b pomocí momentové rovnice v bodě A:

$$\sum M_A: N_b \cdot (a + b) - G \cdot a = 0 \quad (14)$$

$$N_b = \frac{G \cdot a}{a + b} = \frac{48 \cdot 0,13}{0,13 + 0,12} = 24,96 \text{ N}$$

Výpočet normálové síly N_a ve směru osy y:

$$\sum F_y: N_a + N_b - G = 0 \quad (15)$$

$$N_a = G - N_b = 48 - 24,96 = 23,04 \text{ N}$$

Výpočet vazbových sil T_a , T_b zprostředkovaných třením jednotek o plochu dráhy:

$$T_a = N_a \cdot \frac{\xi}{R} = 23,04 \cdot \frac{0,00005}{0,0075} = 0,154 \text{ N} \quad (16)$$

$$T_a = N_b \cdot \frac{\xi}{R} = 24,96 \cdot \frac{0,00005}{0,0075} = 0,166 \text{ N}$$

Výpočet normálové síly N_{1k} jedné kuličkové jednotky na plochu dráhy:

$$N_{1k} = \frac{N_c}{k} = \frac{48}{8} = 6 \text{ N} \quad (17)$$

kde:

N_c [N] celková síla působící na dráhu paletou, tato síla odpovídá síle $G = 48 \text{ N}$

Výpočet valivého odporu jedné kuličkové jednotky F_t :

$$F_t = \frac{\xi \cdot N_{1k}}{R} = \frac{0,00005 \cdot 6}{0,0075} = 0,04 \text{ N} \quad (18)$$

Výpočet celkového valivého odporu F_{tc} kuličkových jednotek palety:

$$F_{tc} = F_t \cdot 8 = 0,04 \cdot 8 = 0,32 \text{ N} \quad (19)$$

Výpočet hnané síly palety na vodorovné ploše F_{pv} :

$$F_{pv} = -T_a - T_b - F_{tc} = -0,154 - 0,166 - 0,32 = -0,64 \text{ N} \quad (20)$$

Výpočet zrychlení a_2 pracovní palety:

$$F_{pv} = m \cdot a_2 \rightarrow a_2 = \frac{F_{pv}}{m} = \frac{-0,64}{4,9} = -0,13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (21)$$

Výpočet rychlosti v_2 pracovní palety:

$$v_2 = \sqrt{a_2 \cdot 2 \cdot L_2 + v_1^2} = \sqrt{-0,13 \cdot 2 \cdot 0,614 + 1,148^2} = 1,076 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (22)$$

5.2 Výpočtu času za který urazí paleta po dráze do boxu:

Výpočet času sjedu po nakloněné rovině t_1 :

$$L_1 = \frac{a_1}{2} \cdot t_1^2 + v_0 \cdot t_0 \quad (23)$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{L_1 \cdot 2}{a_1}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 2}{1,24}} = 1,27 \text{ s}$$

Výpočet času jízdy po vodorovné rovině t_2 :

$$L_2 = \frac{a_2}{2} \cdot t_2^2 + v_1 \cdot t_1 \quad (24)$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot (L_2 - v_1 \cdot t_1)}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (0,614 - 1,574 \cdot 1,27)}{-0,13}} = 4,61 \text{ s}$$

Výpočet celkového času t_c :

$$t_c = t_1 + t_2 = 1,13 + 4,61 = 5,74 \text{ s} \quad (25)$$

5.3 Výpočet silového impulsu pracovní palety:

Výpočet nárazové síly v místě zastavení palety F_k :

$$I = F_k \cdot t = \Delta p = m(v_2 - v_0) = m \cdot v_2 \rightarrow F_k = \frac{m \cdot v_2}{t} = \frac{4,9 \cdot 1,076}{0,05} = 105,5 \text{ N} \quad (26)$$

kde:

t [s] nárazový čas, zvoleno $t = 0,05 \text{ s}$

5.4 Kontrola napětí pryže při nárazu pracovní paletou:

Výpočet tlakového napětí σ_t [16]:

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{F_k}{a \cdot b} = \frac{105,5}{0,1 \cdot 0,3} = 3,52 \cdot 10^{-3} \text{ Mpa} < \sigma_{Dt} = 0,5 \div 1,5 \text{ MPa} \quad (27)$$

kde

a [m] šířka pryže $a = 0,1 \text{ m}$

b [m] výška pryže $b = 0,3 \text{ m}$

σ_{Dt} [MPa] dovolené tlakové napětí pryže $\sigma_{Dt} = 0,5 \div 1,5 \text{ MPa}$ [16]

5.5 Výpočet průměru pružiny horního zajišťovacího mechanismu:

Výpočet síly působící na pružinu F_{PR} :

$$F_{PR} = F_{pš} + F_{pv} = 6,072 - 0,13 = 5,942 \text{ N} \quad (28)$$

Výpočet průměru pružiny [16]:

$$d = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{F_{PR} \cdot D}{\pi \cdot \tau_D}} = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{5,492 \cdot 9}{\pi \cdot 369}} = 0,699 \text{ mm} \quad (29)$$

Zvolen je normalizovaný průměr pružiny $d = 0,7 \text{ mm}$.

kde:

D [mm] střední otáčky pružiny, $D = 9 \text{ mm}$

Výpočet dovoleného napětí při stlačení pružiny τ_D [16]:

$$\tau_D = 0,9 \cdot \tau_{Dm} = 0,9 \cdot 410 = 369 \text{ MPa} \quad (30)$$

kde:

τ_{Dm} [MPa] napětí v krutu v mezním stavu, tažený drát patentovaný na pružinu z nelegované oceli s běžnou pružností $\tau_{Dm} = 410 \div 600 \text{ MPa}$ [16]

6 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout otáčecí zařízení včetně pracovní palety, které by umožňovalo otáčení pracovní palety s výrobkem o 90 stupňů v horizontální rovině k pracovní operaci. Po provedení pracovní operace se měla paleta otočit o dalších 90 stupňů a pokračovat v pohybu po dopravníku. Podmínkou bylo využít přednostně jednoduchých mechanismů.

V úvodní části práce je popsána konstrukce otočného zařízení, přičemž řešení používána v praxi jsou vždy vybavena přídatným pohonem. Jelikož je v zadání práce podmínka přednostního používání jednoduchých mechanismů, nebylo možno použít principů již existujících zařízení. Konečnému konstrukčnímu návrhu předcházelo více variant.

První navržená varianta se vyznačovala příjezdovou i odjezdovou gravitační tratí se zatočením o 90 stupňů, vedoucím k naklápací plošině. Tento návrh nevyhovoval z prostorových důvodů. U dalších návrhů byla použita otočná dráha po obvodu trubky, po které se pohybuje otočný stůl na válečcích. Otočný stůl navíc umožňoval nakládání pomocí kloubu. Postupně byly vytvořeny tři varianty, přičemž následující varianta vždy řešila nedostatky z varianty předchozí. Hlavním nedostatkem všech třech variant byla špatná stabilita.

Konečná varianta se vyznačuje použitím otočných drah, po nichž pojíždí nohy s válečky, které jsou spojeny s pracovním stolem. Otáčení pracovního stolu při pracovním pohybu je zajištěno vlastní tíhou. K otočnému zařízení náleží ještě příjezdová a odjezdová dráha. Pro zastavení otočného stolu v pracovní pozici je s výhodou použito pohybu svařovacího zařízení. Pro správnou činnost celé konstrukce otočného zařízení je použito více zajišťovacích mechanismů. Ty především zaručují správné načasování pohybu otočného stolu, až pracovní paleta na něj vjede či jej opustí.

V další části práce jsem provedla výpočty pryžového pásu a tlačné pružiny zajišťovacího mechanismu.

7 Poděkování

Na závěr bych ráda poděkovala mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Tomáši Haplovi za pomoc a vedení při tvorbě bakalářské práce, za velmi cenné rady, předané zkušenosti a hlavně za jeho čas, který věnoval odborným konzultacím mé bakalářské práce. Taky bych ráda poděkovala všem lidem, kteří mi pomohli byť sebemenší radou. Děkuji také mé rodině a mému příteli za pomoc a podporu během studií.

8 Seznam použitých zdrojů

- [1] POLÁK, Jaromír, Karel BAILOTTI, Jiří PAVLIŠKA a Leopold HRABOVSKÝ. *Dopravní a manipulační zařízení II*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2003, 104 s. ISBN 80-248-0493-x.
- [2] GAJDŮŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické, 1988, 277 s.
- [3] Gravitační dopravníky. [online]. 6.11.2015 [cit. 2015-11-06]. Dostupné z: <http://strand.cz/uncategorized/1621/>
- [4] FEIFER s. r. o.. [online]. 6.11.2015 [cit. 2015-11-06]. Dostupné z: <http://www.feifer.cz/345-dopravnik-dp500-plast-val-d-1500-mm-p-60-mm.html?idproduktu=11919&vybranasablona=1702&detailproduktu=1>
- [5] Výroba dopravníkových systémů . . [online]. 6.11.2015 [cit. 2015-11-06]. Dostupné z: <http://nabidky.edb.cz/Nabidka-34948-Vyroba-dopravnikovych-systemu-Breclav>
- [6] Válečkové dopravní tratě. . [online]. 6.11.2015 [cit. 2015-11-06]. Dostupné z: <http://www.tramazing.cz/inzenyring/dopravniky/valeckove>
- [7] Zařízení pro otáčení palety při křížovém páskování palet. . [online]. 6.11.2015 [cit. 2015-11-06]. Dostupné z: <http://www.pentaservis.cz/clanky-zarizeni-pro-otaceni-palety-pri-krizovem-paskovani-palet.html>
- [8] Točny. . [online]. 6.11.2015 [cit. 2015-11-06]. Dostupné z: <http://www.dopravniky.info/tocny.html#>
- [9] VK LOŽISKA s.r.o.. [online]. 3.5.2016 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.vkloziska.cz/kulickove-dopravni-jednotky>
- [10] ESSENTRA COMPONENTS. [online]. 3.5.2016 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.essentracomponents.cz/mss/mss-pc.nsf/WebEngine?OpenAgent&cmd=category&category=MVED-9H3G7Q-67867&catalog=MEX-CZ>
- [11] KUTIL.EU. [online]. 3.5.2016 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.kutil.eu/cs/eshop/spojovaci-material-a-kotevni-technika/srouby/srouby-s-okem-hakem/sroub-s-okem-nerez.html>
- [12] Metaltrade International s.r.o. [online]. 3.5.2016 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.metal-trade.cz/cs/eshop/item/kladka-ocelova-s-prirubou-typ-2>
- [13] Lanex. [online]. 3.5.2016 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://eshop.lanex.cz/prirodni-lana-a-snury>
- [14] Dynamika-příklady. [online]. 5.5.2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/DYN1/index2.htm>
- [15] Leinveber J., Vávra P.: *Strojnické tabulky* (čtvrté doplněné vydání). Albra, Úvaly, 2008, ISBN 978 – 80 – 7361 – 051 – 7.

[16] Ing. Rudolf KŘÍŽ, Ing. Pavel VÁVRA. *Strojírenská příručka svazek 5*. Praha: SCIENTIA, spol. s.r.o., 1994. ISBN 80-85827-59-X

[17] Nerez materiál. . [online]. 10.5.2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.nerezmaterial.cz/>

9 Seznam příloh

- Obrázek celé konstrukce otáčecího zařízení

- Výkresová dokumentace:

DOR0040_BP_001	–	Hlavní sestava otáčecího zařízení
DOR0040_BP_002	–	Sestava otočného stolu
DOR0040_BP_003	–	Sestava pracovní palety
DOR0040_BP_002.1	–	Sestava horního zajišťovacího mechanismu
DOR0040_BP_003.1	–	Výrobní výkres dno s bočnicemi
DOR0040_BP_003.2	–	Výrobní výkres jednotková noha
DOR0040_BP_003.3	–	Výrobní výkres jednotková noha boční

